

## 7. CONCLUSIONI

Il lavoro, dedicato allo sviluppo di una metodologia per rilevare le modificazioni in atto nelle barene della laguna di Venezia, si è articolato in fasi che hanno richiesto:

- a. l'individuazione degli elementi caratteristici delle barene;
- b. l'analisi di tecniche di rilevazione remota capaci di riconoscere diversi componenti;
- c. lo sviluppo di metodi per mettere in relazione la quota di barena con la presenza di particolari elementi costitutivi;
- d. la verifica di metodi per confrontare situazioni rilevate in tempi diversi.

L'assenza di immagini iperspettrali riprese in tempi diversi, ha indotto ad effettuare un confronto tra la Carta Tecnica Regionale del 1982 (basata su rilievo aerofotogrammetrico del 1968) ed una foto aerea del 1998, dal quale è stato possibile individuare la variazione del margine perimetrale sia per erosione che per deposizione ed i cambiamenti che hanno interessato le aree interne alla barena (chiari e ghebi).

I risultati ottenuti confermano come l'impiego di prodotti dell'aerofotogrammetria tradizionale, risulti tuttora uno strumento prezioso per monitorare nel tempo le variazioni areali delle superfici di barena e fornisce informazioni non solo qualitative ma anche quantitative.

Lo studio della dimensione verticale della barena e cioè della sua quota, è stato effettuato attraverso l'analisi di dati iperspettrali utilizzando la vegetazione come indicatore morfologico. Tale metodo di analisi, oltre ad essere originale, consente di controllare le forme costitutive della laguna con una completezza e sistematicità altrimenti impossibile.

Il metodo ha richiesto la soluzione di due problemi: (i) conoscere la relazione tra vegetazione e morfologia della barena e (ii) individuare una metodologia per riconoscere su immagini iperspettrali le diverse specie di alofite.

In particolare, l'analisi dei dati raccolti in 238 siti della barena S.Lorenzo, in 35 siti della barena Salina, in 27 siti della barena Salina Nord e in 53 siti della barena Palude Maggiore ha permesso di stabilire che:

- esiste per le barene una relazione fra classi di copertura di ogni singola specie alofila e la quota del suolo alla quale la specie si sviluppa;
- alla scala della singola barena, la quota seleziona la presenza delle diverse specie vegetali con una risoluzione dell'ordine di pochi centimetri;
- alla scala di singola barena, la quota del suolo individua una sequenza di specie che si ripete in tutte le barene esaminate;
- la quota a cui crescono le specie è tipica della barena. In generale essa aumenta all'aumentare della quota media della superficie di barena. Ne consegue che il rapporto tra vegetazione alofila e quota del suolo alla quale essa si sviluppa, va calibrata per ogni barena;
- la distribuzione delle frequenze con cui si ritrovano le varie specie, ha un andamento a campana e la moda coincide con l'intervallo in cui rientra anche la quota media a cui cresce la specie sulla barena considerata;
- la diversità specifica aumenta all'aumentare della quota: il numero di specie presenti sulla barena è modesto nelle zone depresse, sottoposte a stress da inondazione (alta frequenza e durata) mentre aumenta a quote medio-elevate;
- i popolamenti possono selezionare la quota del suolo con precisioni superiori a quelle che si possono realizzare considerando la sola presenza delle singole specie;
- esiste per le barene una stretta relazione fra classi di copertura di ogni singola specie e la distanza dal ghebo/canale più vicino che permette di distinguere le aree interne da quelle di *gengiva*.

L'insieme di queste osservazioni, ha permesso di sviluppare un modello per inferire la quota del suolo a partire dalla vegetazione ed ha orientato il riconoscimento delle caratteristiche morfologiche della barena S.Lorenzo.

L'applicazione del *Linear Mixture Model* (LMM) ad una porzione della barena S.Lorenzo, ha restituito un buon risultato: il modello ha riconosciuto e discriminato molto bene le zone occupate dalle diverse specie di alofite mentre ha mostrato problemi nella stima delle abbondanze.

Nel presente lavoro si sono dovute superare numerose difficoltà perché non è facile operare ai limiti delle possibilità strumentali (immagini geometricamente non corrette e pixel di posizione incerta), con mezzi di fortuna (spettrometri portatili non specifici) e su bersagli molto vari.

Tali problemi hanno avuto ripercussioni anche sui risultati della fase successiva consistita nel produrre un modello digitale di elevazione del suolo di barena utilizzando i valori di abbondanza determinati attraverso il LMM.

Quanto detto non sminuisce il metodo che comunque rimane robusto, soprattutto ora che si sono selezionate le modalità più efficienti per avviare i riconoscimenti. Inoltre il metodo è conservativo perché si basa su un numero limitato di interventi diretti sulla barena ed è sistematico perché consente misurazioni ripetute e relativamente poco costose (soprattutto con i satelliti di nuova generazione) e, in ogni caso, nella sua classe non ha alternative.

L'esperienza maturata con il presente lavoro, apre nuove prospettive in ordine al controllo di ambienti altamente variabili e complessi come le barene, e permette di tracciare piani di lavoro più efficaci a patto di:

- 1) localizzare con GPS differenziale aree di qualche decina di m<sup>2</sup> con vegetazioni specifiche e chiaramente identificate nelle immagini;
- 2) lavorare con immagini iperspettrali aventi una risoluzione geometrica al suolo dell'ordine del m<sup>2</sup>, cosa che può essere ottenuta anche con il MIVIS volando a quote inferiori rispetto ai 1500 m. D'altra parte le zone da riprendere alla scala di 1 m non devono necessariamente comprendere l'intera laguna;
- 3) assicurarsi che le immagini siano state opportunamente corrette (correzione geometrica, radiometrica e atmosferica);
- 4) considerare la possibilità di utilizzare dei modelli di *unmixing* non lineare.

Sulla strada tracciata, le prospettive per il futuro sono ottime: l'attività di telerilevamento è in rapido sviluppo e di conseguenza ciò che è attualmente ricavabile solamente mediante l'aerofotogrammetria o sensori montati su aereo, sarà presto fornito dai satelliti. I miglioramenti nella risoluzione spaziale, spettrale e temporale dei sensori satellitari, permetteranno di organizzare catasti informatici e di avviare attività di monitoraggio delle condizioni ambientali a costi ridotti. Ciò renderà possibile effettuare indagini sul territorio anche in quelle aree che ora sono ritenute marginali o troppo complesse.